

DOI: 10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2025.02.030

基于 MCD 平台的口罩机拉耳剪刀组虚拟调试探究

赵永信, 黎玲萍

(广西工业职业技术学院 装备智造学院, 广西 南宁 530001)

摘要: 为了高效地验证决定口罩生产质量和效率之一的拉耳剪刀组设计方案的正确性, 通过集成的 PLC 程序及 HMI 设计软件 TIA、连接气动回路设计软件 FluidSIM-P 和 NX MCD 平台, 实现拉耳剪刀组的虚拟仿真调试, 提前验证该组件中气动回路、PLC 程序、HMI 功能及运动副关系的正确性, 为口罩机的组件设计提供一种验证方法和参考案例。

关键词: MCD; PLC; 口罩; 虚拟调试

中图分类号: TP29 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5276(2025)02-0157-03

Research on Virtual Commissioning of Ear Pulling Scissors Group of Mask Machine Based on MCD Platform

ZHAO Yongxin, LI Lingping

(School of Equipment Intelligent Manufacturing, Guangxi Vocational and Technical Institute of Industry, Nanning 530001, China)

Abstract: In order to efficiently verify the correctness of the design scheme of the pull ear scissors group determining the production quality and efficiency of mask, the pneumatic circuit design software FluidSIM-P and the NX MCD platform are connected through the integrated PLC program and HMI design software TIA to realize the virtual simulation commissioning of the pull ear scissors group and verify the correctness of the pneumatic circuit, PLC program, HMI function and the relationship between the motion pairs in the component in advance, which provides a validation method and reference case for the component design of the mask machine.

Keywords: MCD; PLC; mask; virtual commissioning

0 引言

为了能够加快口罩生产的效率和质量, 缩短口罩机的现场调试时间, 虚拟调试是一种很好的方法。张向文等^[1]提出虚拟调试能够提前将机械、电气、自动化进行并行协作式开发。侯星宇等^[2]以数字化智能换刀装置为研究对象, 实现了 MCD 与 TIA 的实时通信, 控制了换刀装置的仿真运动。廉磊^[3]基于 NX MCD 平台利用 PLCSIM Adv 软件在环的虚拟调试手段, 实现了机器人激光熔覆系统的虚拟调试。林裕程等^[4]利用 PLCSIM Advanced 构建虚拟 PLC, 运用 TIA 博图软件实现了数控机床的 MCD 模型的虚拟调试。郑魁敬等^[5]以机器人磨削系统为虚拟调试的研究对象, 通过 OPC 实现了 MCD 与机器人和 PLC 控制器之间的数据交换和虚拟调试, 提前验证了机器人磨削加工仿真过程, 亢宗楠等^[6]以三菱 PLC 来控制 MCD 的手爪, 实现了其虚拟调试。赵永信

等^[7]也以气动手爪为研究对象, 基于 TCP 的通信方式实现了其虚拟调试, 为虚拟调试提供了一种新的方法。

从以上研究者的研究来看, 基于 NX MCD 的虚拟调试是可行的, 并且能够很好地对机电控制系统进行调试和监控。为了兼顾设计的直观性和原理性, 把 PLC 作为中间的桥梁。但是, 连接 MCD 三维模型和气路仿真的研究鲜有看到, 故本文以平面口罩装配单元的拉耳剪刀组为研究对象, 通过 TIA 连接 FluidSIM-P 和 MCD 平台, 实现对该组件的机械、电气和自动化设计的总体虚拟联合验证。

1 拉耳剪刀组的机电概念设计

1.1 拉耳剪刀组的结构及工作流程分析

拉耳剪刀组主要是由拉耳带气缸、耳带夹子气缸、耳带剪刀气缸和滑轨等结构组成, 如图 1 所示。

基金项目: 2022 年广西高校中青年骨干教师科研基础能力提升项目(2022KY1297)

第一作者简介: 赵永信(1988—), 男, 广西灵川人, 讲师, 工程师, 硕士, 研究方向为机电一体化概念设计以及自动控制, 823947116@qq.com。

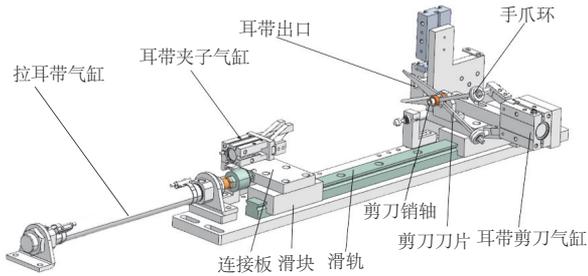


图 1 拉耳剪刀组的主要结构

拉耳剪刀组的动作流程如下:拉耳带气缸推出后,通过连接板推动耳带夹子气缸往耳带出口方向滑动;在耳带出口,耳带夹子气缸的夹子动作夹紧耳带一端;接下来拉耳带气缸缩回,把耳带拉出,拉出后由焊接组的夹子气缸夹紧后(焊接组的夹紧动作本文不做控制),由耳带剪刀气缸动作带动剪刀动作,剪断耳带。

1.2 拉耳剪刀组的机电概念设计

从拉耳剪刀组的动作流程分析可以看出主要为 3 个气缸的运动关系:滑轨与滑块之间是滑动关系,将其设置为滑动副;拉耳带气缸的活塞杆与气缸之间也是滑动副关系,而气缸又是与大地连接不动,故设置活塞杆与大地之间为滑动副;耳带夹子气缸通过一个连接板与滑块和拉耳带气缸的活塞杆连接,故把它们均设置为相互固定的固定副;耳带夹子气缸的两个手爪与耳带夹子气缸之间也是滑动副关系;耳带剪刀气缸的两个手爪与气缸为旋转的关系,故设置为铰链副,两个手爪各连接着一个手爪环,设置它们为固定副;剪刀的两个刀片绕着销轴做旋转运动,所以设置每个刀片与大地之间是以销轴为中心的铰链副;刀片在旋转过程中与手爪环之间为滑动的关系,故均设置为滑动副。

2 拉耳剪刀组的气动回路设计

拉耳剪刀组件中主要需要设计 3 个气缸的气动回路,分别是拉耳带气缸、耳带夹子气缸和耳带剪刀气缸。如图 2 所示。

3 拉耳剪刀组的 PLC 程序及 HMI 设计

拉耳剪刀组的动作流程在前面已经说明,这里需要通过 PLC 中的程序来实现。由于 TIA 与 FluidSIM-P 软件之间是信号相互对应,地址相同的,所以可以直接用 FluidSIM-P 软件中的信号地址来达到控制程序的目的,而 TIA 软件与 MCD 启

动模型之间则是两个设备之间信号相互映射的关系(即 PLC 的输出是 MCD 模型中的输入),所以在编程时就需要考虑到 PLC 与 MCD 之间的信号交互,这也是真实 PLC 与真实拉耳剪刀组件之间的信号对应关系。

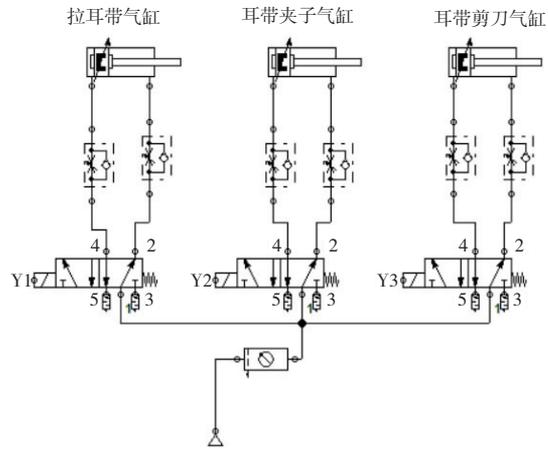


图 2 气动回路设计

为了验证拉耳剪刀组气缸动作的正确性,文中按以下控制要求来编程:1)通过 HMI 上面的界面控制其实现手动和自动运行,在手动调试时能够实现单步运行并且监控完成情况,自动调试能够实现自动实现一个循环动作;2)利用气动仿真软件中的电路元件控制拉耳剪刀组模型的动作。

分析可知,整个控制过程是一个顺序控制,而且利用了西门子 S7-1500 的 PLC,故在 TIA 博图软件中利用 FB 的 GRAPH 语言编程,并且利用 TIA 软件中自带的西门子触摸屏组态了 HMI 界面,并与 PLC 的变量进行一一对应。

4 拉耳剪刀组的虚拟调试

4.1 虚拟设备(软件)之间的连接思路分析

文中各主要软件之间的连接思路如图 3 所示。

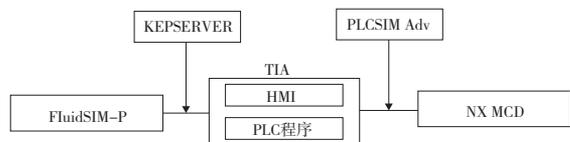


图 3 各软件之间的通信连接

从图 3 中可以看出,气动回路设计软件是通过 KEPSERVER 与 TIA 软件进行连接;TIA 软件则是通过 NX 中 MCD 模块自带的 PLCSIM Adv 通信配置与 MCD 进行连接。由于没有用到真实的

PLC,则还需要利用 PLCSIM Advanced 高级仿真器模拟一个真实的 PLC。

4.2 NX MCD 模块与 TIA 软件之间的连接配置

文中利用 PLCSIM Adv 的通信配置进行试验,该配置方式需要打开一个 PLCSIM Advanced V2.0 软件作为模拟的 PLC,配置步骤如下:

1) 在 PLCSIM Advanced V2.0 软件中配置了一台 IP 为 192.168.0.1、子网掩码为 255.255.255.0 的虚拟 S7-1500PLC;

2) 在 NX 软件的 MCD 模块界面中打开外部信号配置窗口,选择 PLCSIM Adv 的通信配置,新建一个连接,则可以搜索到一台虚拟 PLC,点击更新标记后,可以选择 PLC 程序中的 PLC 变量,这里只是把 MCD 与 TIA 之间建立了连接,还没有把 MCD 的内部信号与 TIA 中的 PLC 的内部变量进行一对一的连接映射;

3) 通过 MCD 界面中的信号映射窗口实现 PLC 的变量与 MCD 中的内部输入、输出变量之间一一对应的信号映射连接。

4.3 TIA 软件与 FluidSIM-P 软件之间的连接配置

在 FluidSIM-P 软件中完成了气路设计后,利用该软件中的 OPC 配置界面可以实现与 TIA 软件的连接,文中拟定选择 KEPServerEX 6 Configuration OPC 软件进行两者之间连接的桥梁。配置的步骤如下:

1) 在 KEPServerEX 6 Configuration 软件中根据通道向导,添加一个 Siemens TCP/IP Ethernet 通道,在网络适配器中选择 Siemens PLCSIM Virtual Ethernet Adapter(其网段与 PLC 一致,设置为 192.168.0.20),进行以太网设置;

2) 在该通道下添加一台 S7-1500PLC 设备,其 ID 为虚拟 PLC 的 IP 地址 192.168.0.1,配置好后添加与 PLC 变量相对应的标记变量 MB1 和 MB4 即可;

3) 在 FluidSIM-P 软件中添加 FluidSIM-IN 和 FluidSIM-OUT 通道,相当于 PLC 的输入、出口硬件,并且激活软件的 OPC 模式,设置该软件与 KEPServerEX 6 Configuration(OPC)的信号对应地址,即可实现 TIA 与 FluidSIM-P 软件之间的通信。FluidSIM-IN 和 FluidSIM-OUT 通道也可以在软件中完成 PLC 的电路设计,在电路图中通过 PLC 输出控制电磁阀的线圈来控制气路换向,也可以利用外部的按钮输入来控制相应的工作流

程。PLC 控制电路图如图 4 所示。

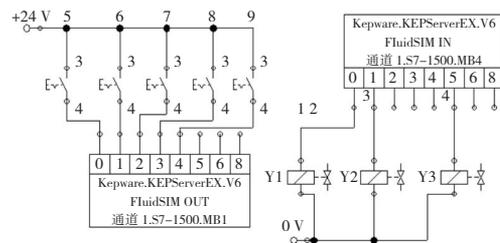


图 4 PLC 控制电路图

4.4 虚拟调试的信号分析

如图 5 所示,FluidSIM-P 中的输入和输出信号与 TIA 软件中编程的变量是一一对应的,气动回路主要控制 3 个气缸的动作,故其输出就只有 3 个,输入则可以利用软件设计 PLC 的电路图,采用外部的开关来实现控制。TIA 软件与 MCD 软件之间则通过前面提出的 MCD 中的信号映射窗口进行设置。



图 5 信号对应图

4.5 虚拟调试的结果

以上配置成功后,就可以提前验证虚拟调试的结果是否符合拉耳剪刀组件的动作流程。调试界面如图 6 所示。



图 6 调试界面

仿真结果表明:改进后的 PID 闭环控制比例调速阀液压同步回路系统在相同负载及偏载工况下的运行性能较传统系统都有了较大的改善,偏载时同步性能提升尤其明显。

3 结语

基于传统双缸直顶式液压电梯比例调速阀同步控制系统,提出了一种位移偏差-电反馈 PID 闭环控制策略,建立了系统 AMESim 仿真模型,并进行试验和对比分析,得到如下研究结论:

1)传统开环比例调速阀液压同步回路系统在两种工况下同步偏差分别为 0.001 3 m、0.071 0 m,偏载工况下同步误差增大,同步精度大大降低;

2)改进 PID 闭环控制比例调速阀液压同步系统在两种工况下的同步偏差分别为 0.000 4 m、0.004 3 m,两种工况下同步精度较传统开环比例调速阀同步系统都有较大提高。

参考文献:

- [1] 朱小明,华国荣,杨丽红. 电梯多级缸液压系统的设计与仿真研究[J]. 中国电梯,2022,33(15):6-10.
- [2] 钟佳炜. 直顶式液压电梯控制系统优化及稳定性控制策略研究[D]. 苏州:苏州大学,2018.
- [3] 李瑞川,袁文涛,丁馨铠,等. 闭环控制下液压同步系统研究与发展综述[J]. 现代制造工程,2023(2):137-147.
- [4] 魏海涛,魏海锋,张晓丽,等. 基于 AMESim 的调速阀控同步升降系统仿真研究[J]. 锻压装备与制造技术,2023,58(2):72-76.
- [5] 郭晓松,祁帅,于传强,等. 工程机械的节流调速液压回路仿真分析[J]. 机床与液压,2009,37(6):206-208.
- [6] 刘建实,丁海港,李皓楠,等. 巷道临时支护支架推移油缸液压同步系统设计[J]. 液压与气动,2017(3):73-76.
- [7] 付永领,祁晓野. AMESim 系统建模和仿真:从入门到精通[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [8] 付永领,齐海涛. LMS Imagine. Lab AMESim 系统建模和仿真实例教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2011.

收稿日期:2023-04-28

(上接第 159 页)

第一种方式:在 HMI 手动控制界面上按下启动按钮后再按下单步按钮,PLC 程序中的流程控制指令开始一步步地执行;TIA 软件通过 PLCSIM Adv 的通信方式使 NX MCD 中的拉耳剪刀组件完成拉耳带气缸伸出,通过 HMI 上面的界面中表示的拉耳带气缸的状态灯亮起,在 FluidSIM-P 气动软件中拉耳带气缸气动回路中的气缸元件伸出,随着 PLC 中程序的变化,这几个软件同步动作;在 HMI 的自动界面中按下启动按钮后拉耳剪刀组自动完成整个流程。

第二种方式:直接按下 FluidSIM-P 气动软件电路仿真中的启动按钮元件,电路仿真中的 PLC 输出信号使得电磁阀线圈得电动作,驱动 FluidSIM-P 气动软件中拉耳带气缸元件伸出,同时 FluidSIM-P 软件通过 OPC (KEPSERVER)链接了 TIA 软件,使得 TIA 程序能够执行并控制 MCD 中的拉耳带气缸模型伸出。其他气缸的动作也是类似,这里不再赘述。

5 结语

本文通过 TIA 软件连接了拉耳剪刀组件的机电一体化设计软件 NX MCD 和气动回路设计软件 FluidSIM-P 软件,实现了气动回路设计、PLC 电路设计、HMI 设计、PLC 程序软件的联合虚拟调

试,既可以提前验证口罩机装配单元拉耳剪刀组件的机电一体化控制设计方案的可行性和合理性,也可以把不直观的原理性设计和直观的机械动作设计结合在一起,为现场设备的调试节省了时间,加快了口罩生产的效率。本文为口罩机的组件设计提供了一种基于 NX MCD 总体设计方案虚拟调试的方法和案例。

参考文献:

- [1] 张向文,田凯,王子涵,等. 基于数字孪生的虚拟调试技术在冬奥中应用研究与实践[J]. 中国航天,2022(3):29-32.
- [2] 侯星宇,赵飞,王骏. 基于 MCD-TIA 的换刀装置机电虚拟调试[J]. 煤矿机械,2022,43(6):75-77.
- [3] 廉磊. 基于 NX MCD 的机器人激光熔覆系统虚拟调试研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2020.
- [4] 林裕程,韩勇. 基于 NX MCD 的数控机床虚拟调试[J]. 制造技术与机床,2021(2):151-156.
- [5] 郑魁敬,代方园,廉磊. 基于 NX MCD 的机器人磨削系统虚拟调试[J]. 组合机床与自动化加工技术,2019(12):57-60,64.
- [6] 亢宗楠,康献民,李宏宇,等. 基于数字孪生的机电系统虚拟调试应用[J]. 机械制造与自动化,2022,51(2):199-202.
- [7] 赵永信,度国旭,吴坚,等. 基于 TCP 的气动手爪 MCD 模型虚拟调试的研究[J]. 机床与液压,2022,50(3):70-72.

收稿日期:2023-07-05